

Castiglion Fiorentino, 20 gennaio 2023

Sviluppo di un prototipo VIS-NIR per l'analisi del vino: il Progetto SmartData

Gianmarco Alfieri, Margherita Modesti, Luca Pardini, Raffaele Cerreta, Fabio Mencarelli e
Andrea Bellincontro

Il progetto Go-Smart Data nasce dall'esigenza di rendere più competitivo il contesto produttivo agricolo e vitivinicolo della Regione Toscana attraverso l'introduzione di importanti innovazioni di processo e di prodotto



REGIONE
TOSCANA



Obiettivi

Sviluppo di un prototipo di spettrofotometro VIS-NIR portatile, da utilizzare nelle cantine, allo scopo di tracciare il livello di polifenoli in mosti e vini, durante l'intero processo di trasformazione dell'uva.

Sviluppo di modelli predittivi sia quantitativi che qualitativi, per il monitoraggio del contenuto totale in polifenoli non solo durante la fase di trasformazione ma anche durante le fasi di maturazione fenolica delle uve

- Dimostrare i vantaggi della tecnologia spettrofotometrica nel visibile e nel vicino infrarosso (VIS-NIR), rispetto agli strumenti di analisi tradizionali e anche rispetto alla tecnologia NIR.

Vantaggi

In termini di maggior valore aggiunto associato al prodotto, dovuto alle tecniche più moderne di gestione

In termini di incremento di competitività dei singoli produttori operatori di filiera, in contesti nazionali e internazionali

Analitica non distruttiva

Costi

Bisogno di manodopera poco specializzata e minor attrezzature

Velocità

Tempi d'attesa e di preparazione del campione ridotti

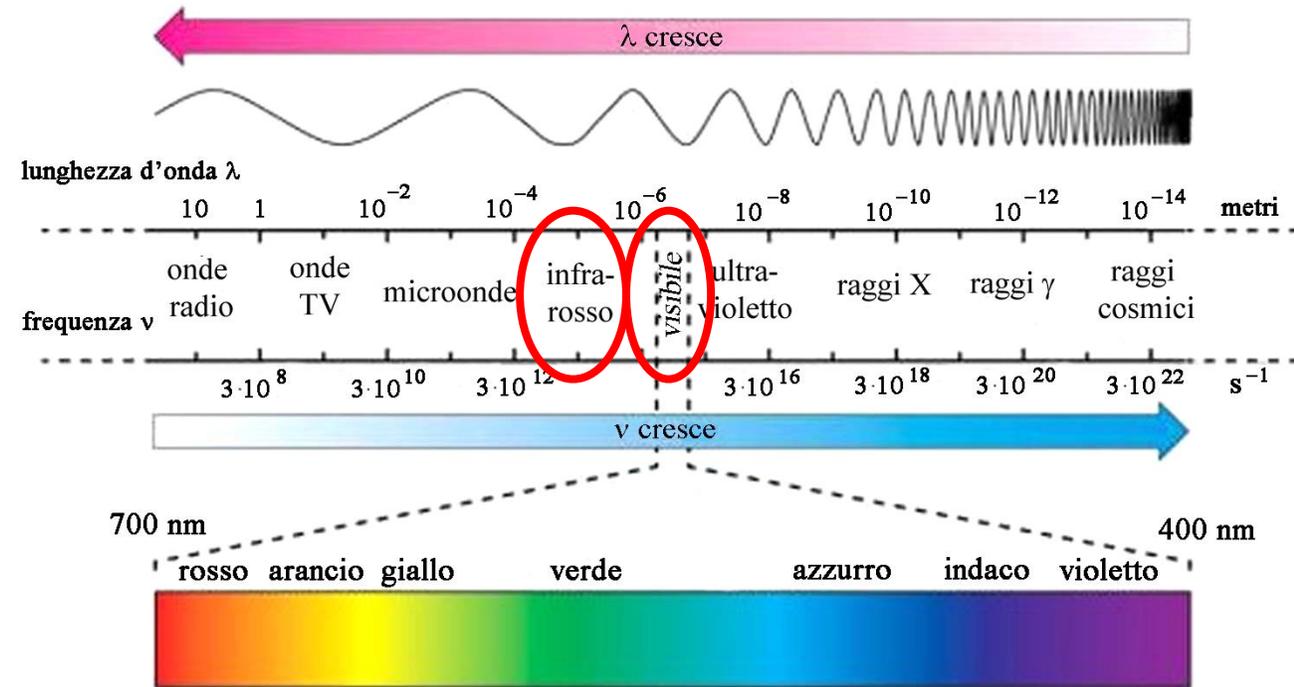
Inquinamento

Bisogno limitato di smaltimento dei reagenti da laboratorio

Analitica non-distruttiva

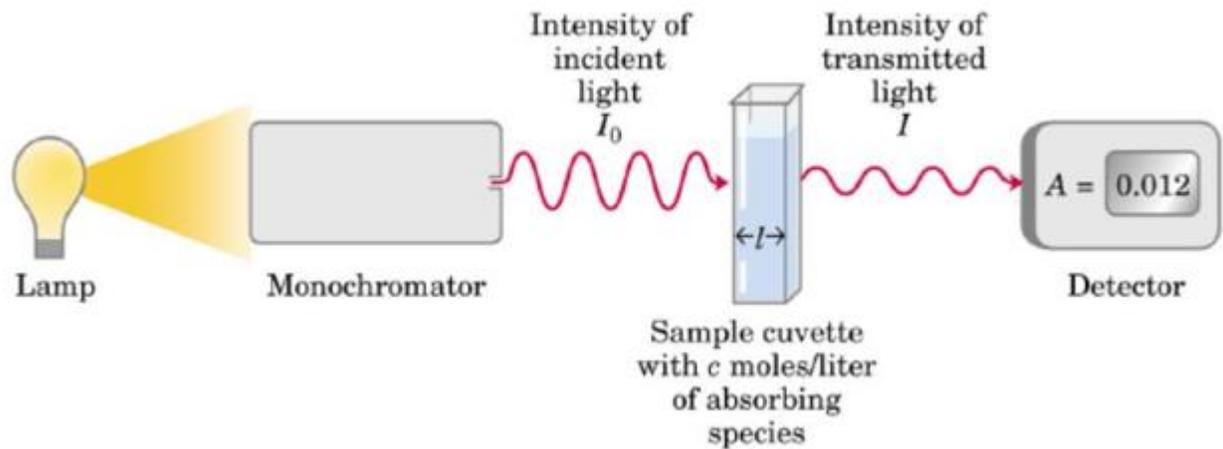
Spettroscopia

Studio dell'interazione tra la materia e le onde elettromagnetiche



Analitica non-distruttiva

Spettroscopia



Tre componenti principali:

- Sorgente luminosa;
- Monocromatore per filtrare la luce;
- Un detector per misurare la luce che oltrepassa la cuvetta.

Analisi distruttive

Polifenoli

Analisi messa a punto nel 1965, con largo uso di Folin Ciocalteu reagente altamente inquinante

Flavonoidi

Saggio condotto con NaNO_2 e AlCl_3 messo a punto nel 1999

Antocianine

I campioni vengono diluiti da 20 a 50 volte con etanolo cloridrico (1991)

Il progetto

Modello spettrofotometrico da utilizzare direttamente in cantina, costituito da sensoristica a basso costo, di tipo IoT, che funzioni con componentistica facilmente reperibile e a prezzi accessibili

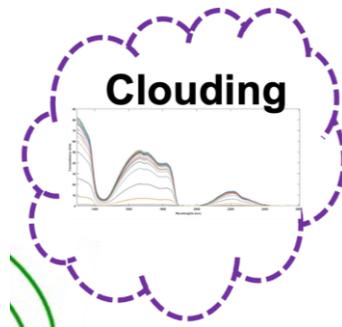
Il risultato delle misurazioni viene inviato in Cloud, dove un algoritmo codificato in apposito modello predittivo precedentemente calibrato e validato, sia capace di restituire un valore numerico di output



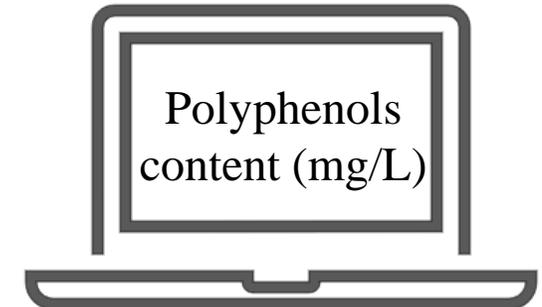
Il risultato delle misurazioni viene inviato in Cloud, dove un algoritmo codificato in apposito modello predittivo precedentemente calibrato e validato, sia capace di restituire un valore numerico di output

Invio degli spettri nel cloud ed elaborazione tramite i modelli predittivi

Misurazione direttamente in cantina



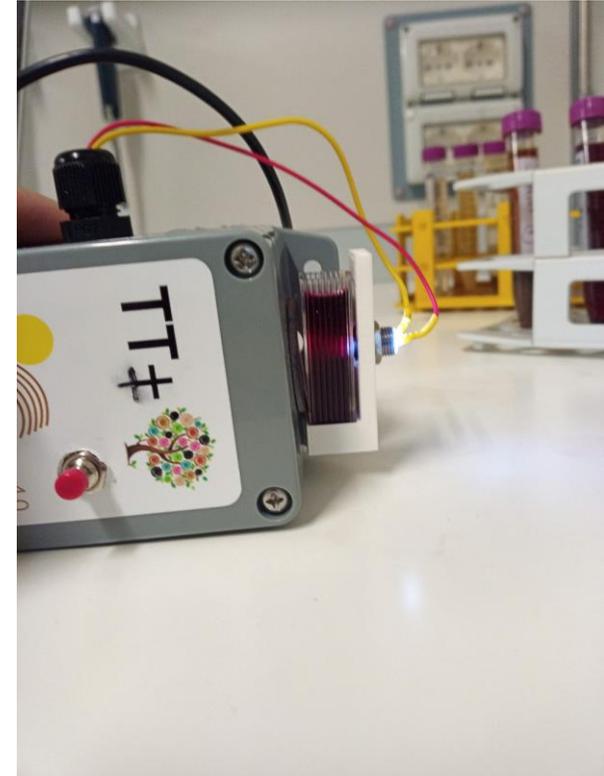
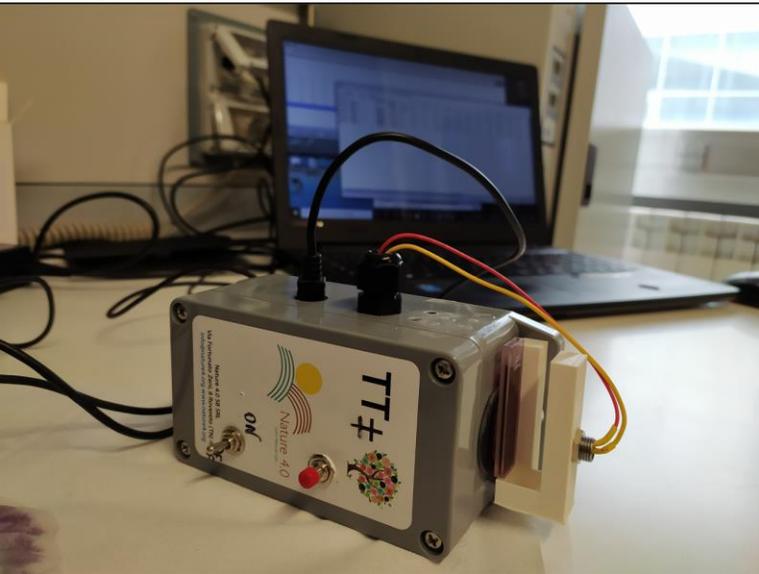
Invio immediato dell'informazione sullo smartphone o laptop dell'operatore

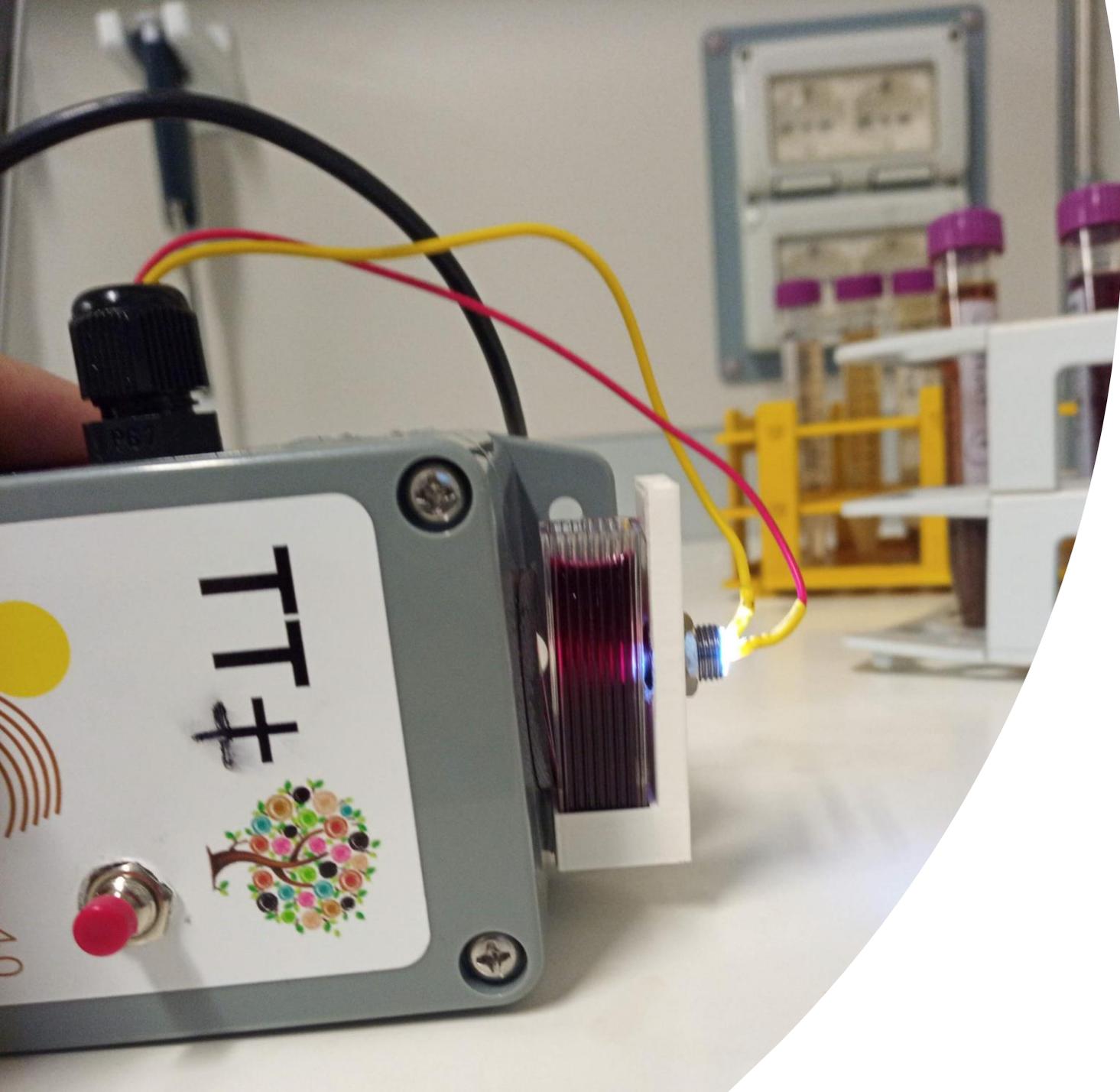


Prototipo VIS

Prima versione strumentale

Questo primo prototipo VIS è composto da pochi sensori che coprono in maniera puntiforme lunghezze d'onda tra 410nm-860nm
La fonte luminosa sono dei LED.

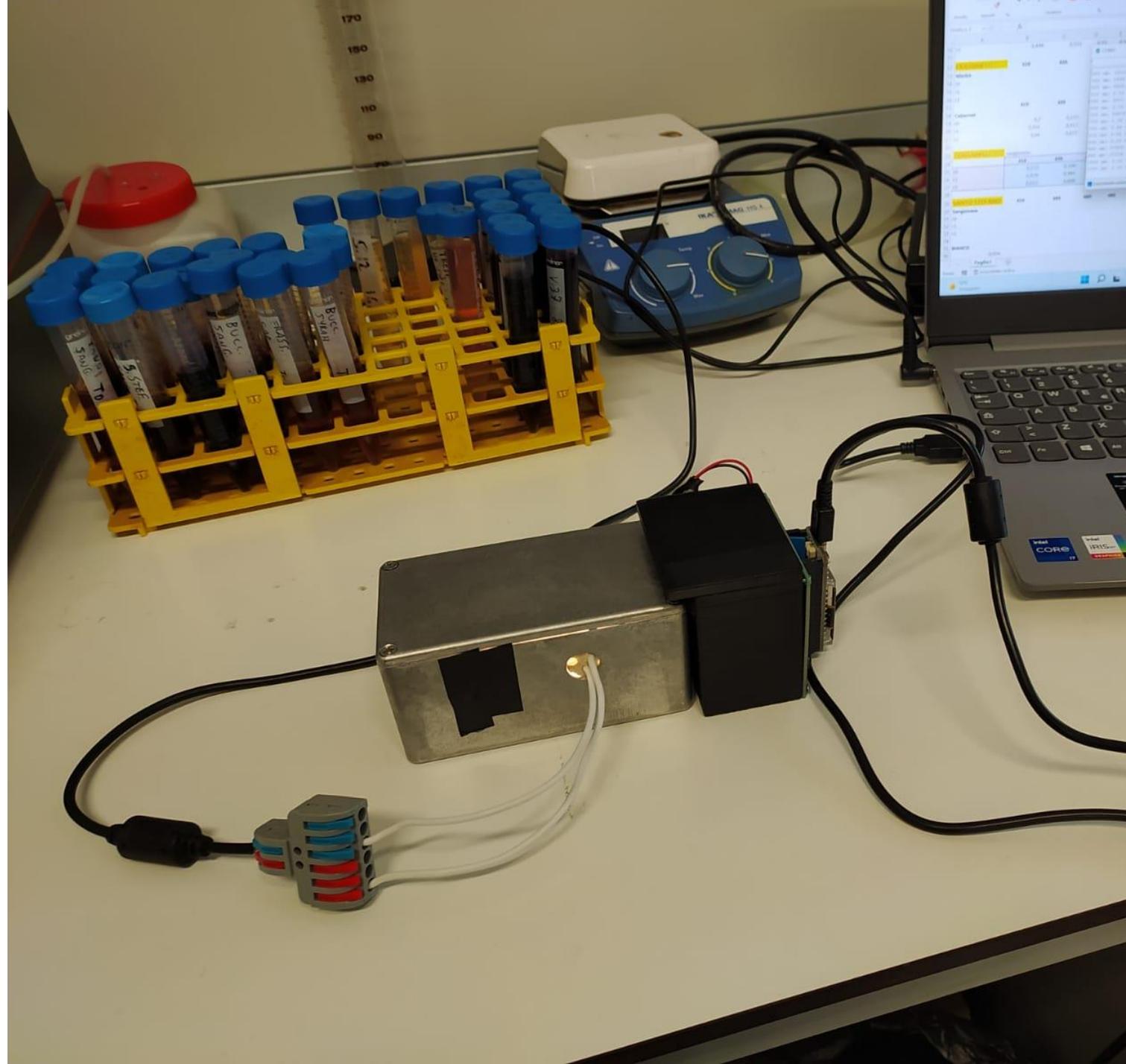




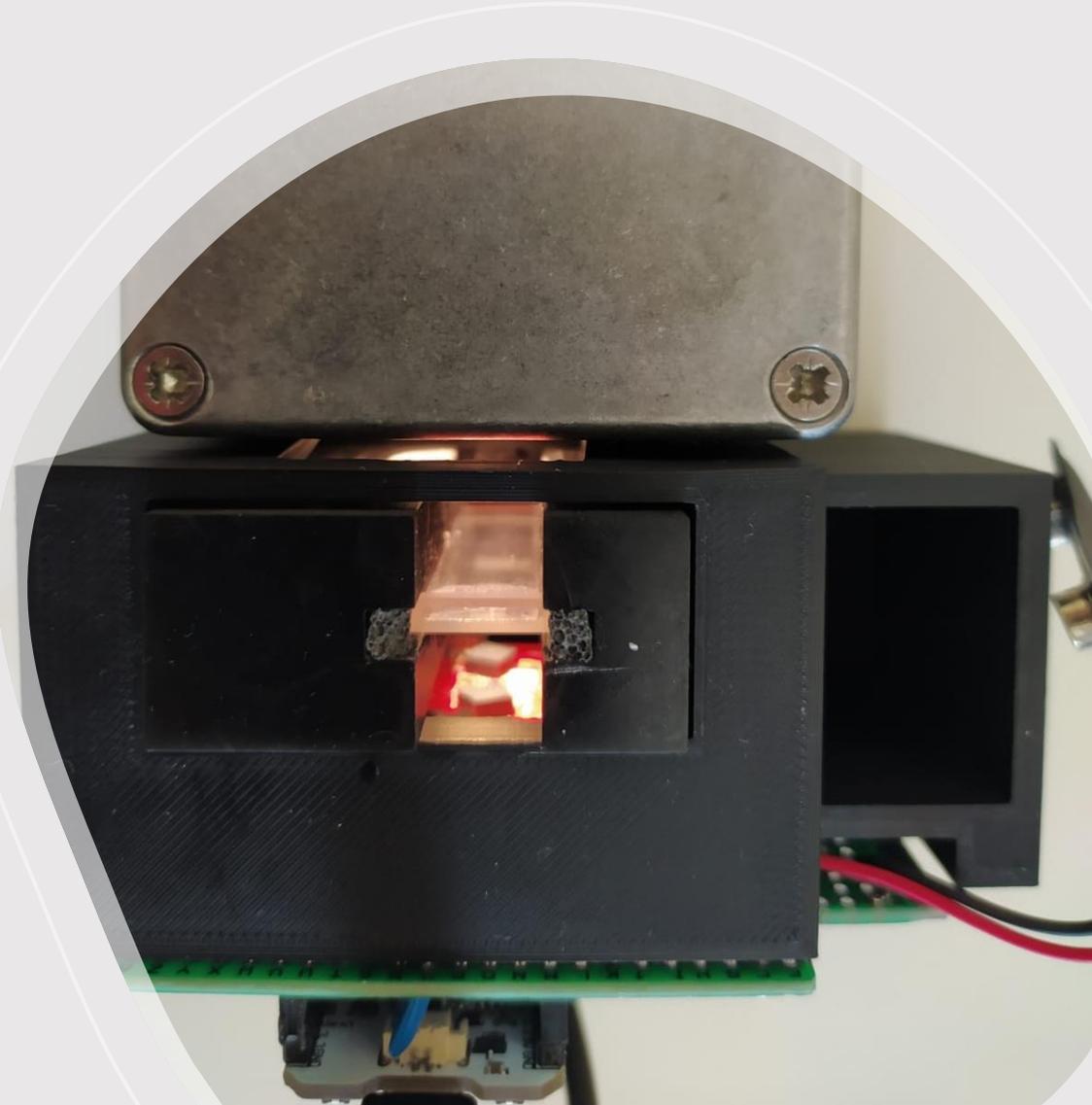
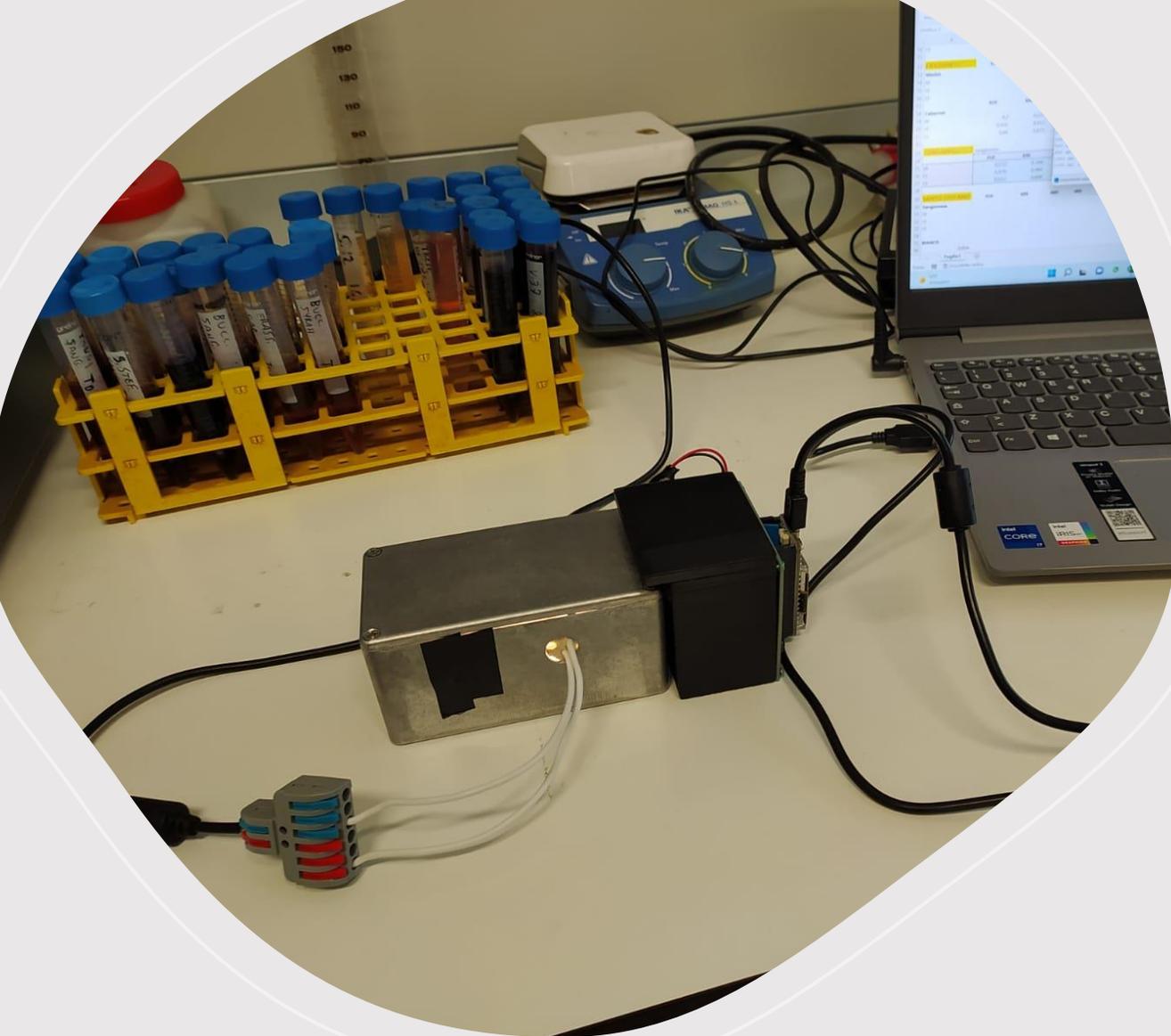
Dettaglio del
prototipo VIS

Prototipo intermedio VIS-NIR

- Composto da tre sensori multicanale aventi ognuno 6 filtri ottici indipendenti sul dispositivo la cui risposta spettrale è definita in un intervallo tra i 410 nm ed 940nm, a cui si aggiungono due sensori per le lunghezze d'onda da a 1200nm e 1700nm
- La fonte luminosa è composta da un set di luci a LED ed una lampada alogena



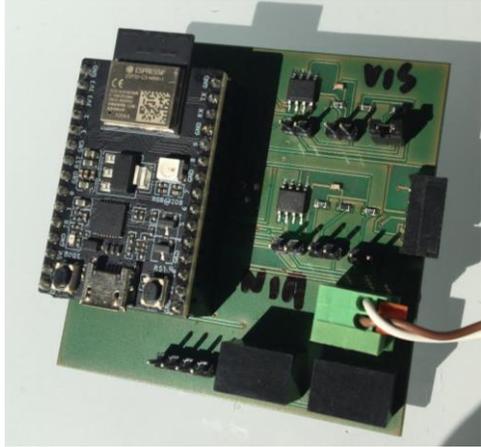
Prototipo VIS-NIR



- Lunghezze d'onda del VIS-NIR in 21 bande spettrali da 410 nm a 1750 nm
- Portatile e utilizzabile in vigneto e in cantina: dimensioni 6,5 x 4 x 7 cm peso 150 gr
- Materiali a basso costo

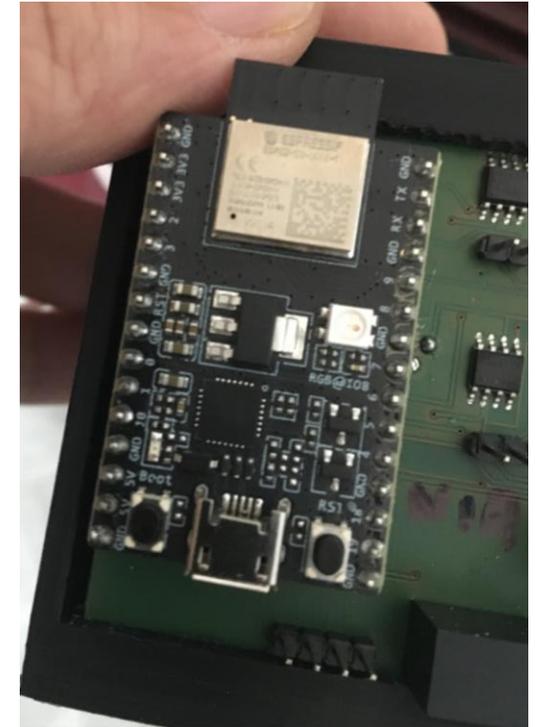


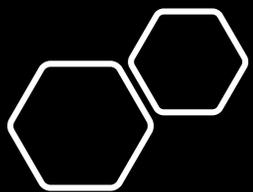
Sensoristica a basso costo, di tipo IoT, che funzioni con componentistica facilmente reperibile e a prezzi accessibili



Componente	Prezzo (€)
SMD	30
LEDs	90
MCU + Fotodiodo	30
PCB	30
Totale orientativo	180 - 200

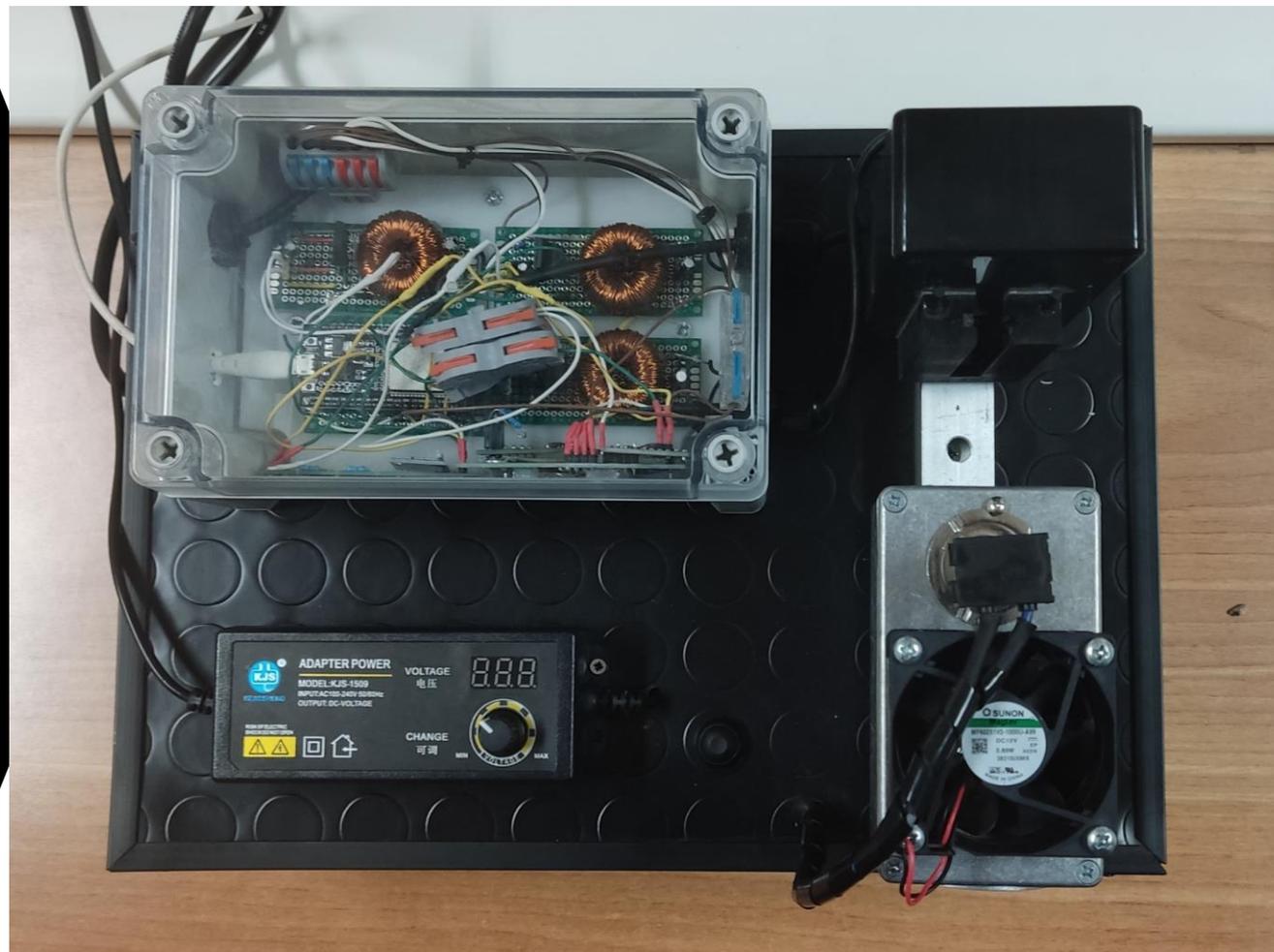
Il prototipo



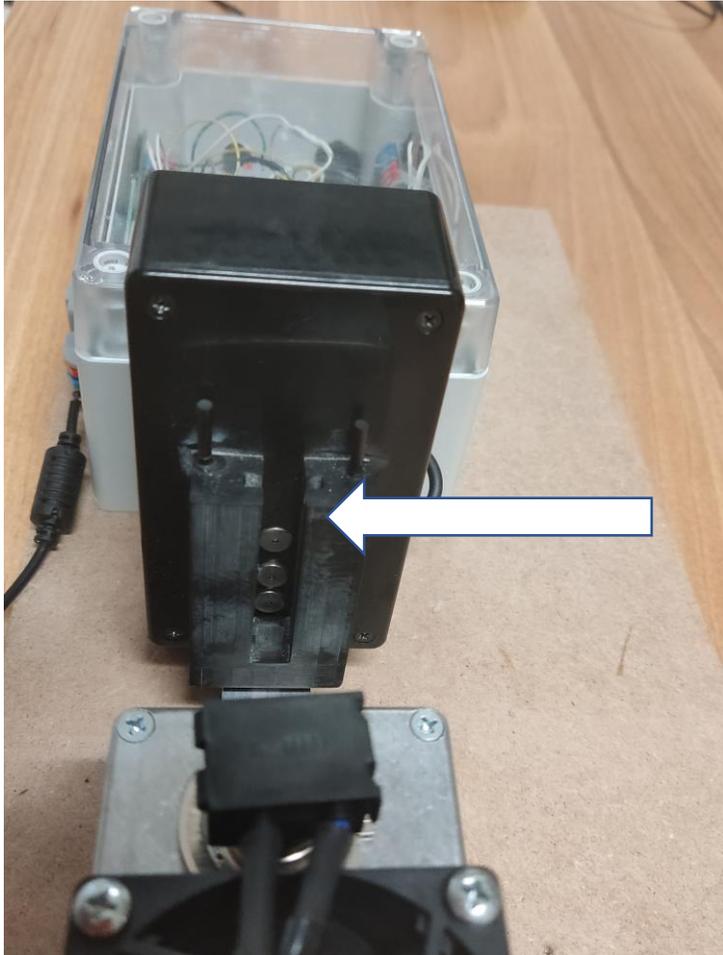


Prototipo di spettrofotometro NIR

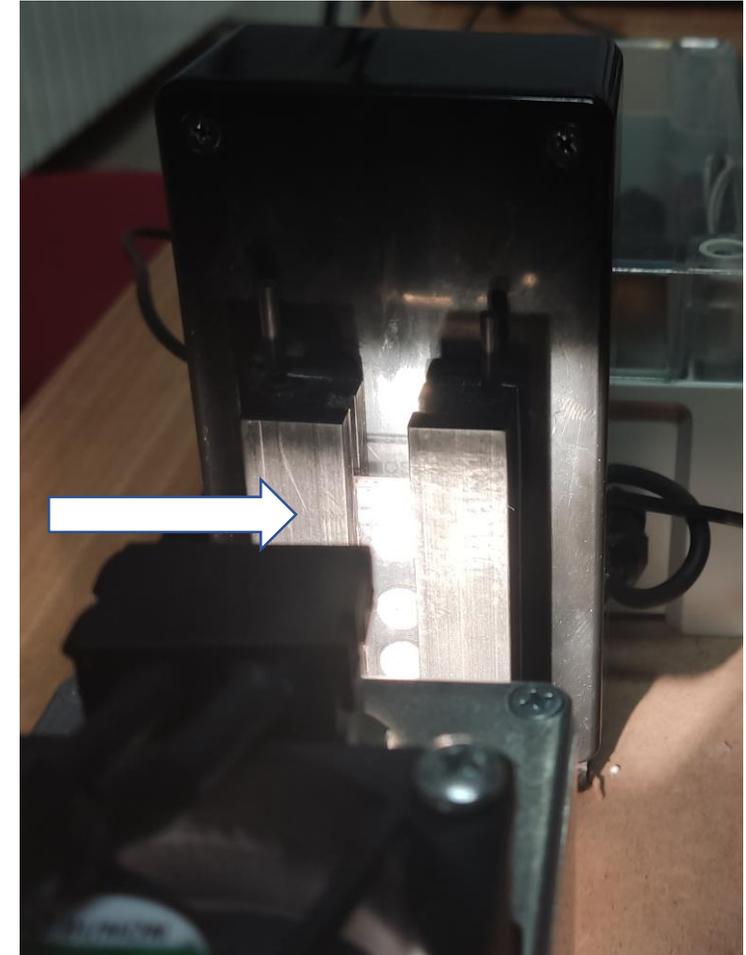
- Lampada alogena per l'emissione della luce nel vicino infrarosso.
- Potenziometro per la regolazione del voltaggio allo strumento
- Sistema di acquisizione con microcontrollore ESP32 e 3 Hamamatsu MEMS-FPI



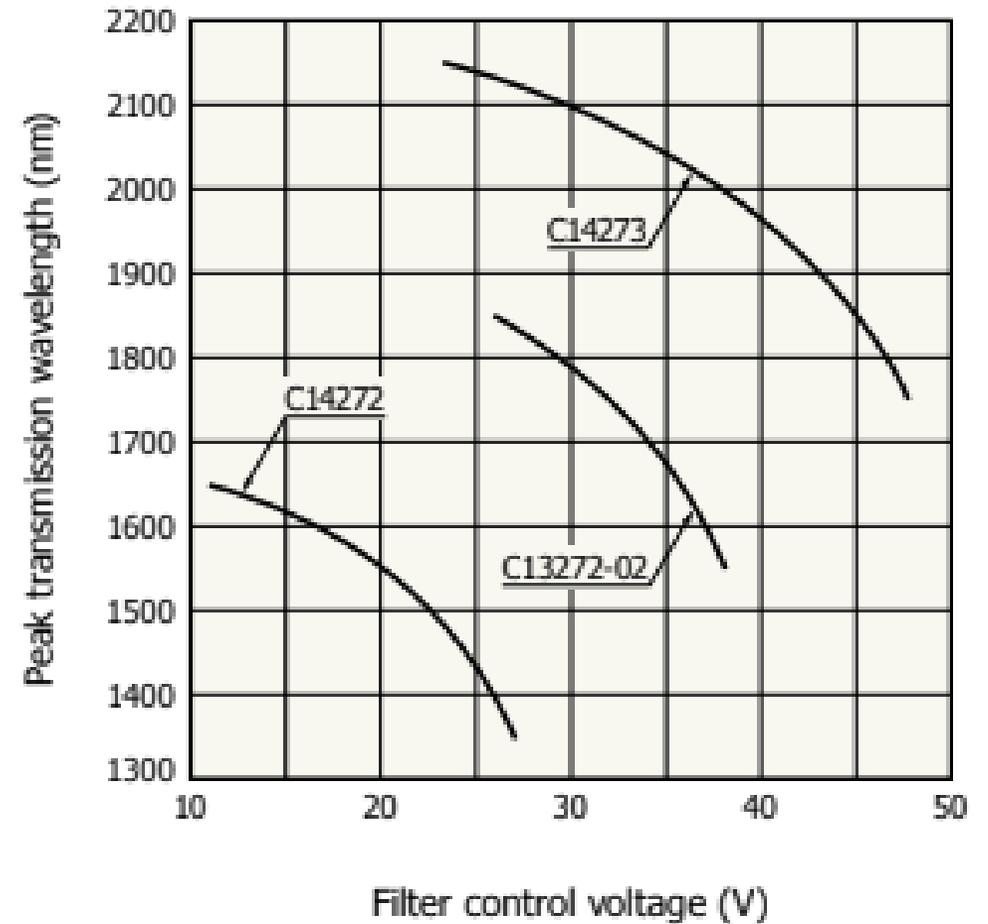
Prototipo NIR



I 3 sensori vengono montati in serie e coprono l'intero passaggio ottico della cuvetta.



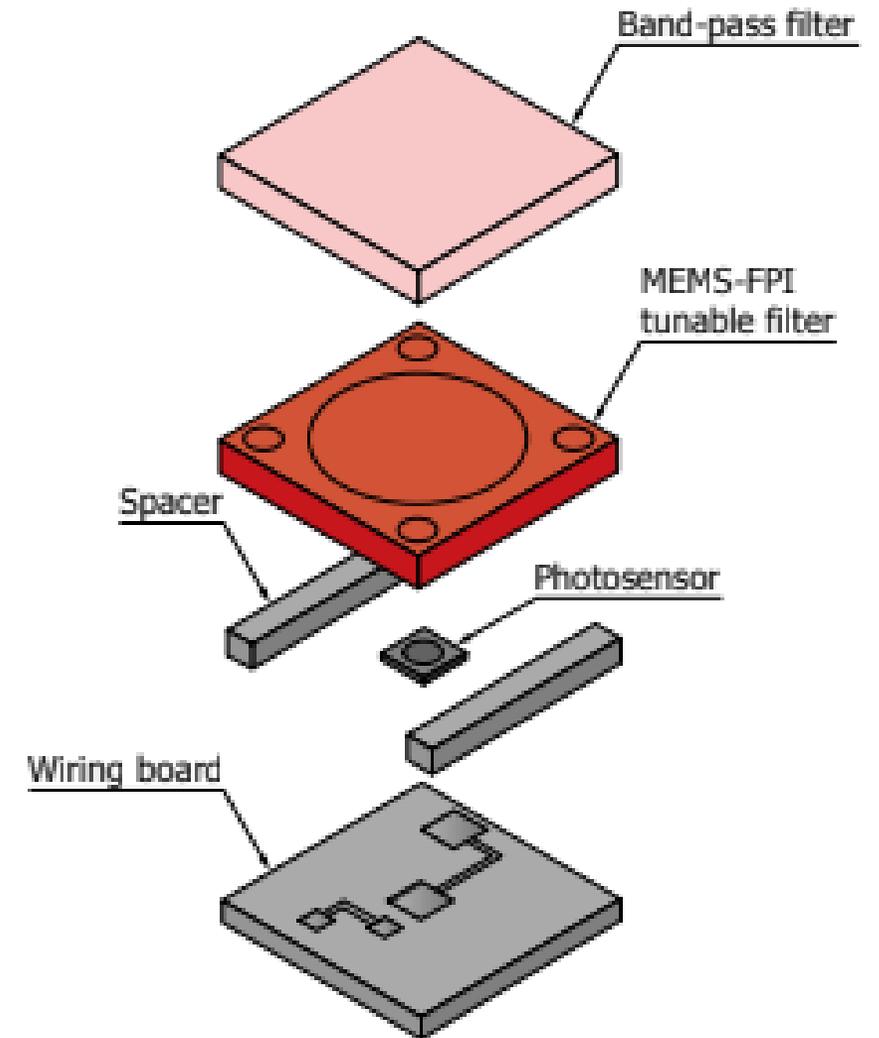
Lunghezze d'onda coperte dallo strumento



Il sensore MEMS-FPI può leggere diversi range di lunghezze d'onda in base alla regolazione del voltaggio. All'aumentare di esso si ha una diminuzione della lunghezza d'onda misurata.

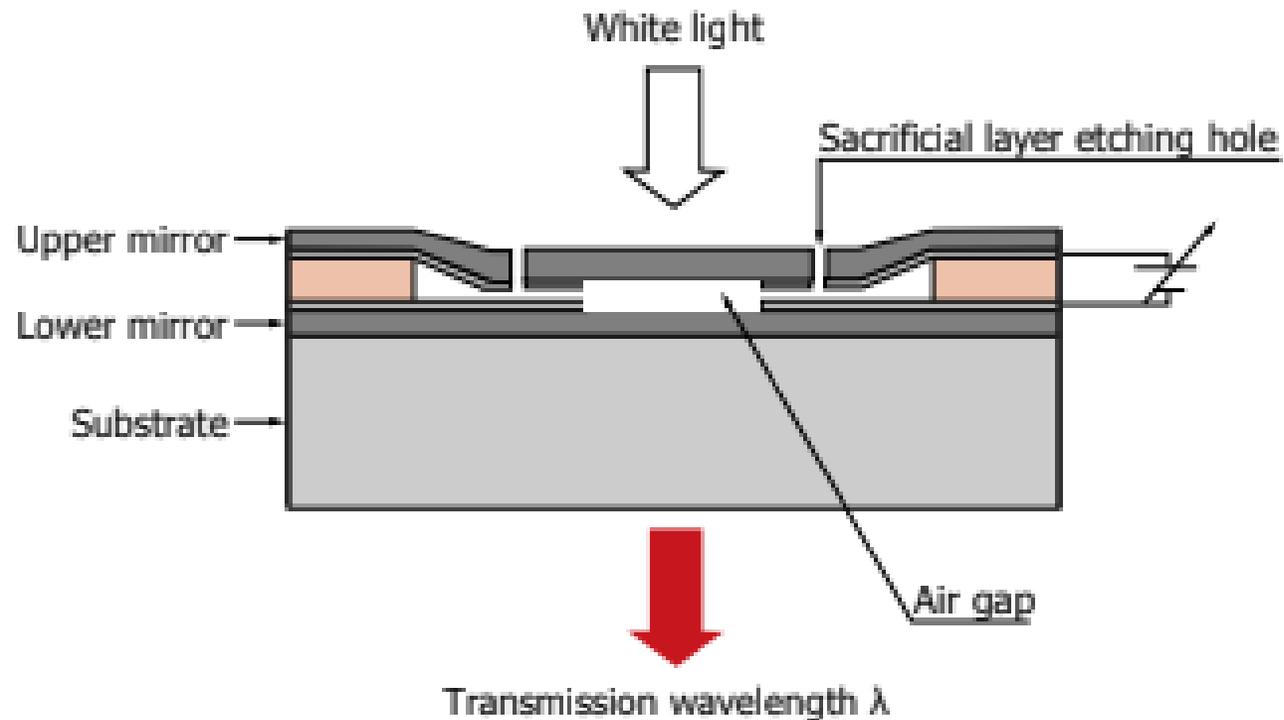
Struttura MEMS-FPI

Il sensore spettrale è composto da un fotosensore (fotodiodo), ed un filtro sintonizzabile. La caratteristica principale è quella di non aver bisogno di un fotosensore a multicanale

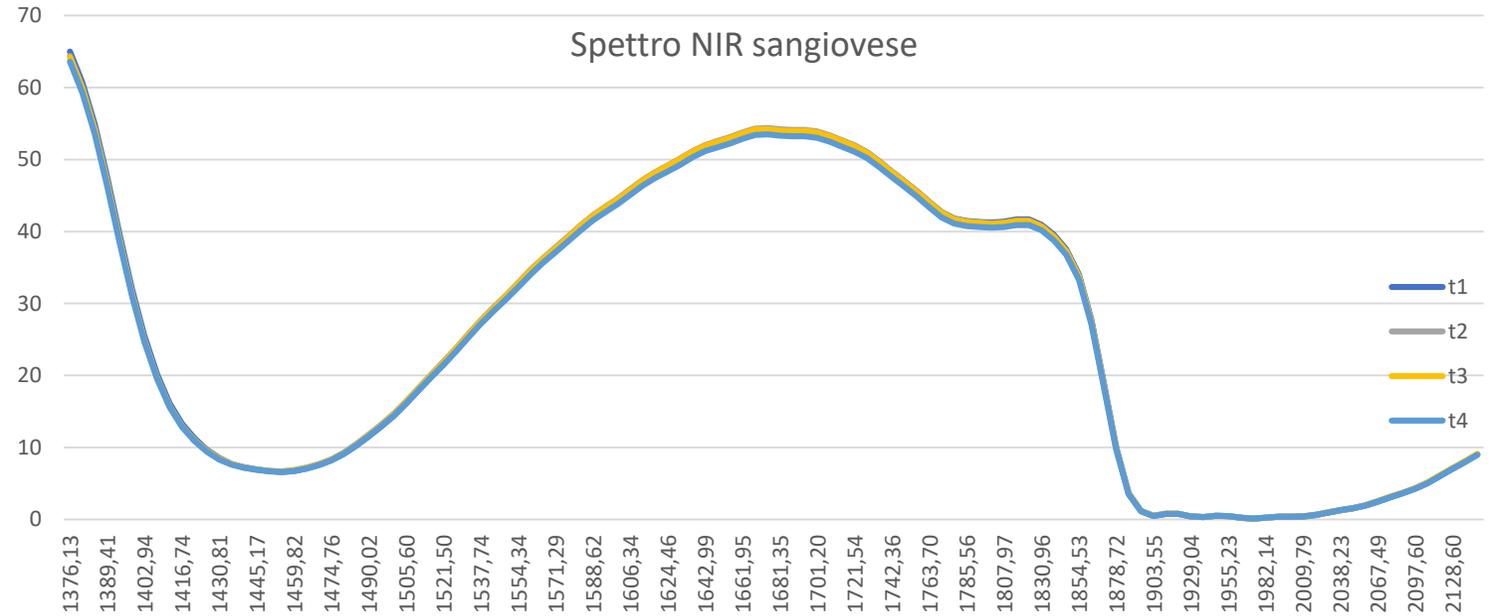


MEMS-FPI
filtro
sintonizzabile

Il filtro MEMS-FPI sintonizzabile sfrutta due specchi posti uno di fronte l'altro, con un leggero gap di aria tra di loro. Al variare del voltaggio applicato ai due specchi permette il loro spostamento grazie ad una forza elettrostatica ed aumentando o diminuendo il gap di aria. Questo comporta il passaggio di diverse lunghezze d'onda

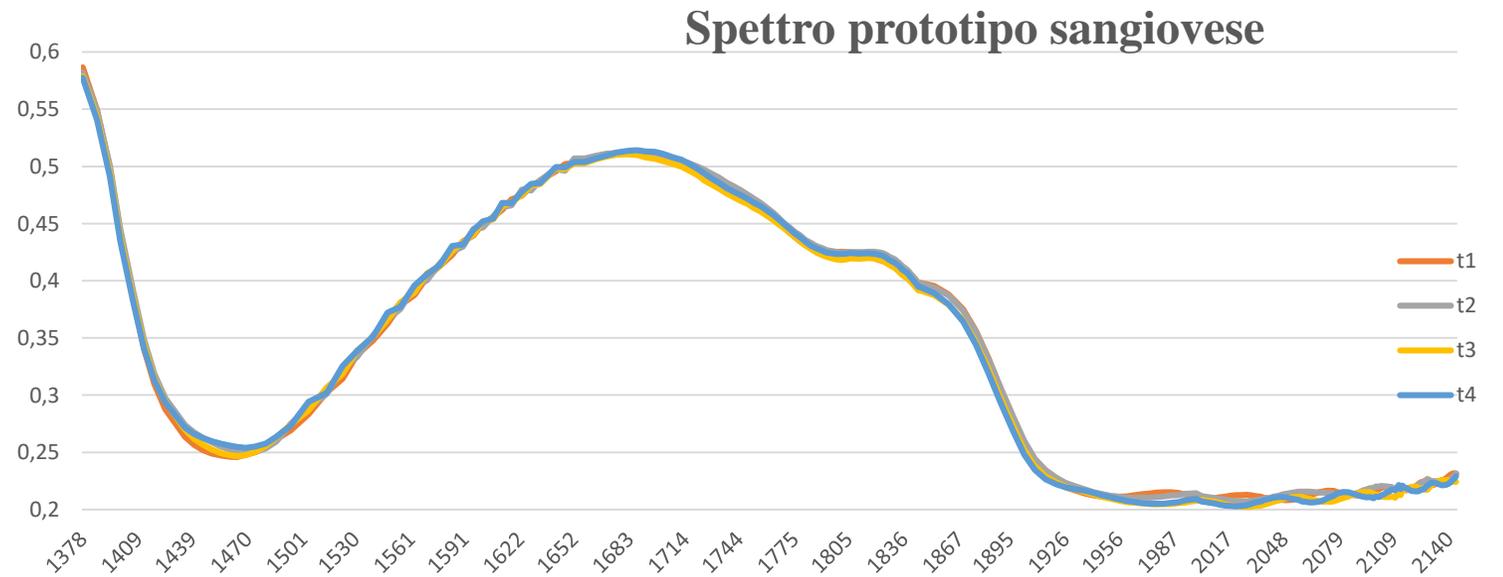
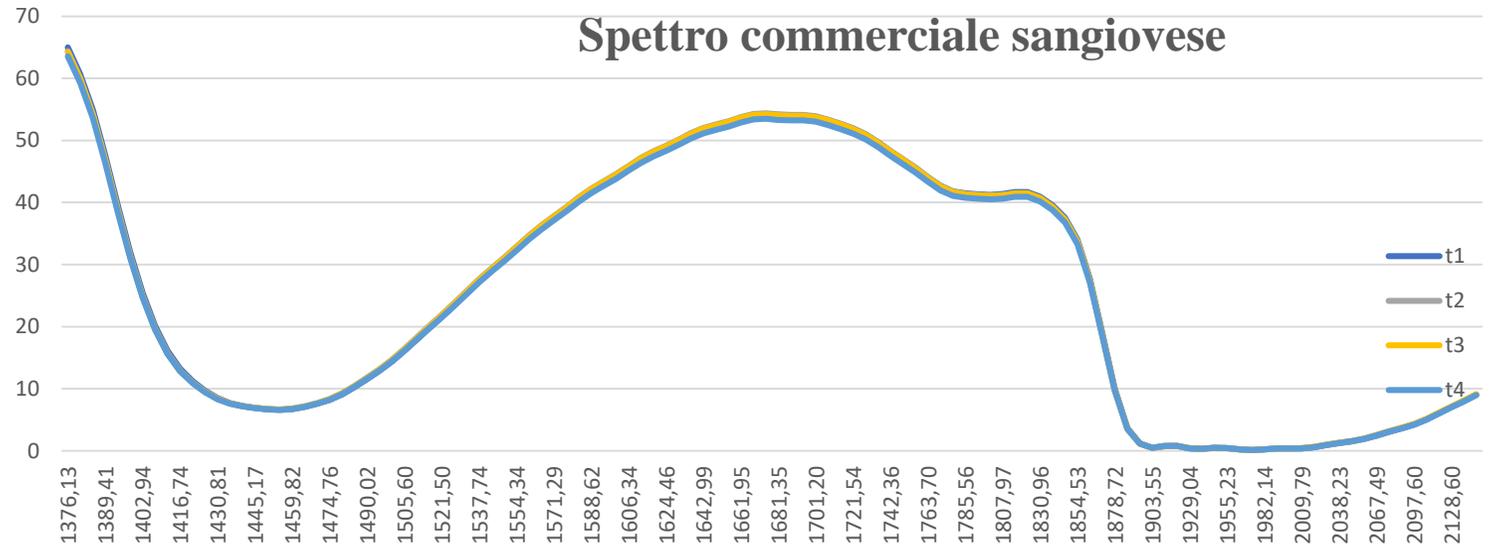


Spettri dello
stesso vino
durante lo stadio
della
vinificazione



Tempi di campionamento	Polifenoli totali (mg/l)	Flavonoidi (mg/l)	Antociani (mg/l)
T1	1908.69	179.18	151.87
T2	2203.77	252.47	291.11
T3	2146.42	282.16	323.09
T4	2007.31	261.05	311.55

Spettro di un
NIR
commerciale
vs
Spettro del
prototipo





NIR di tipo commerciale

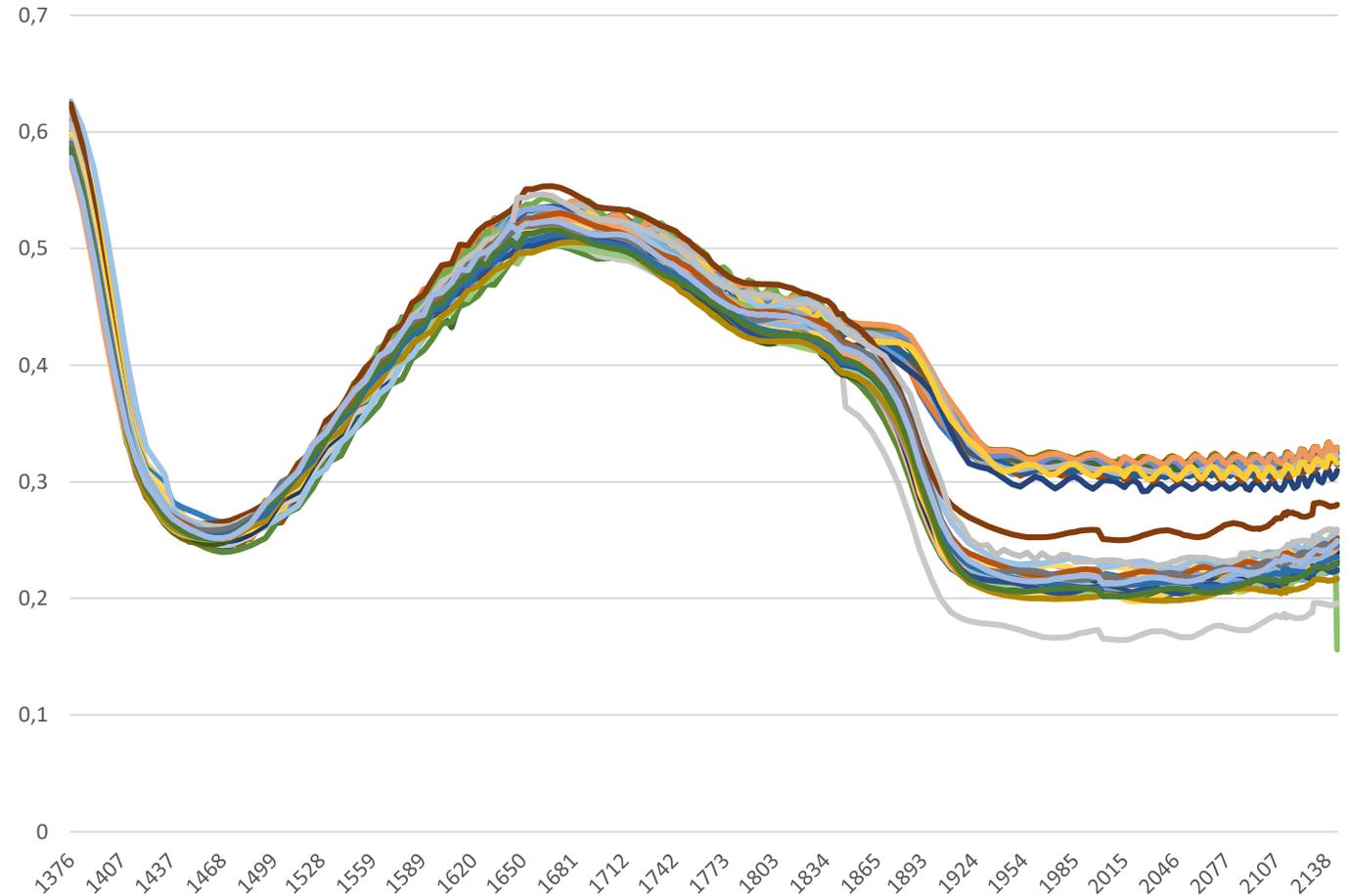


Modello statistico

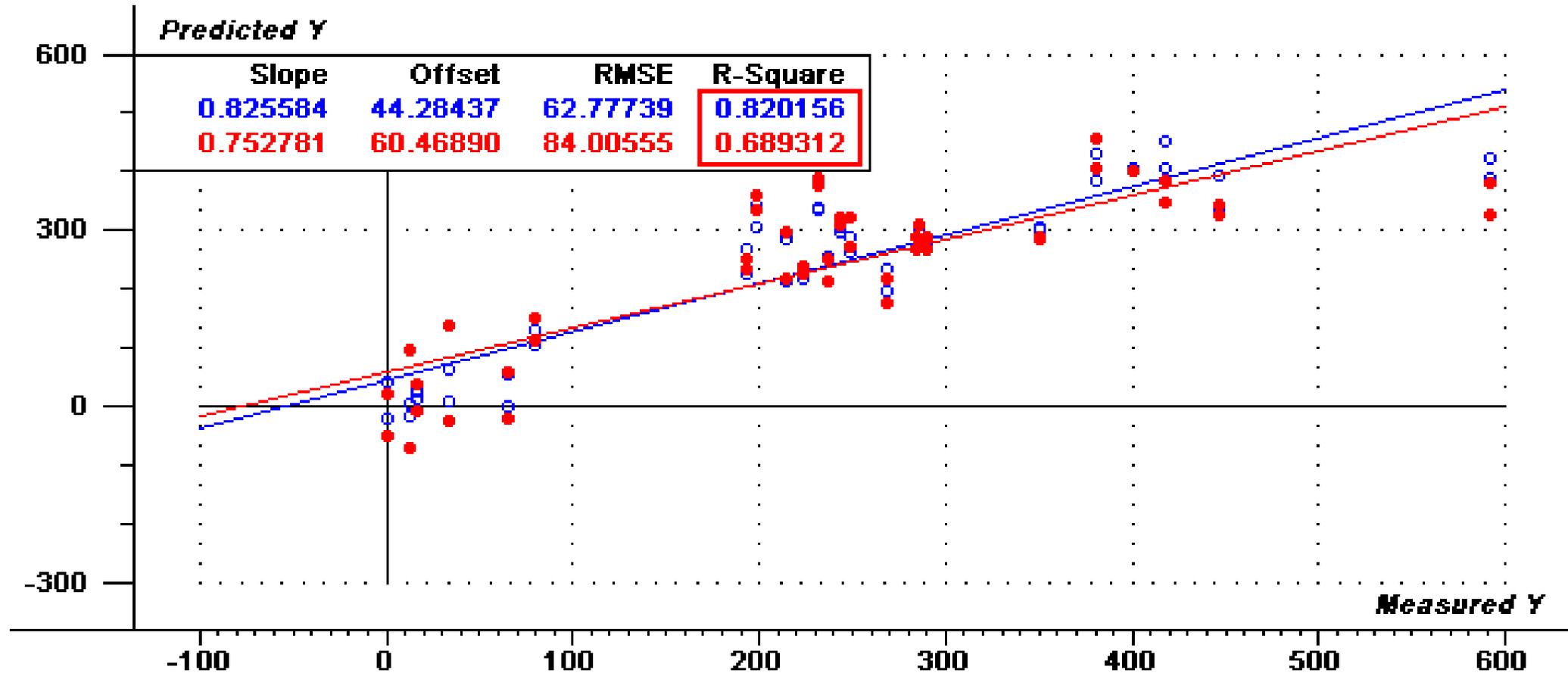
Durante il periodo di collaudo del prototipo si è raccolta una galleria di spettri di differenti vini

Ogni vino è stato a sua volta analizzato con metodiche distruttive per misurare polifenoli, antociani e flavonoli

Andamenti spettrali misurati durante il progetto



Modelli predittivi – Antociani totali



RESULT9, (Y-var, PC): (*,9) (*,9)

Conclusioni

- Il prototipo ha dimostrato una buona capacità predittiva per polifenoli, antociani e flavonoidi
- Nonostante lavori nello spettro VIS–NIR, i valori restituiti sono accettabili anche rispetto alle prestazioni di strumenti che usano sensoristica più complessa e costosa
- Basso costo ed estrema facilità di utilizzo

Prossimi steps

- Implementazione del modello predittivo di comunicazione con il cloud
- Miniaturizzazione del prototipo
- Installazione del prototipo sulle vasche di vinificazione

Castiglion Fiorentino, 20 gennaio 2023

Grazie per l'attenzione

Gian.alfieri@unitus.it